

**О. Я. Кравець***Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна*

ВИКОРИСТАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗСУВНИХ ПРОЦЕСІВ

Виконано аналіз методів дослідження динаміки зсувних процесів. Проаналізовано причини виникнення зсувів, основними з яких є перезволоження ґрунту та збільшення навантаження на схил внаслідок забудови схилу та руху транспорту. Визначено роль рельєфу та його геоморфологічного стану у формуванні зсувів. Описано методи боротьби зі зсувами. Проаналізовано наявні методи спостережень на зсувних схилах, які забезпечують вирішення завдань із вивчення механізму та динаміки зсувного процесу. Виконано опис геодезичних методів дослідження зсувів, які передбачають створення геодезичної основи на зсувонебезпечних схилах, закріплення геодезичної основи спеціальними марками та періодичні вимірювання їх координат і висот високоточними електронними геодезичними приладами, ГНСС-приймачами. Запропоновано визначати просторово-часові характеристики зсувів геоінформаційними методами. За даними топографічного знімання з допомогою пакету програм Surfer створено тривимірну цифрову модель зсувного схилу та карту крутизни схилу. За даними зміщень геодезичних марок між двома циклами спостережень створено карти ізозміщень ґрунту по висоті та визначено межі зсуву. За геологічними даними складено карту ізопотужностей зсувного тіла, яка дає змогу визначити його об'єм. За даними повторних вимірювань створено карту швидкостей зсуву. Порівняння даних з різних циклів дає змогу проаналізувати динаміку зсувного процесу, розробити прогноз його розвитку та запроєктувати відповідні протизсувні заходи. Запропоновано застосовувати геоінформаційні технології для створення просторово-часових моделей зсувних процесів. Розроблені карти є основою для створення інших геодинамічних карт: суміщених карт горизонтальних та вертикальних ізозміщень, карт прискорень ізозміщень та ін. Разом вони формують банк даних інформації, що дає змогу здійснювати ефективний моніторинг зсувних процесів.

Ключові слова: ізозміщення; цифрова модель рельєфу; геодинамічні карти; прогноз; моніторинг.

Вступ. Питання вивчення зсувів та прогнозування їх динаміки є надзвичайно актуальними, оскільки зсуви ґрунту призводять до величезних матеріальних втрат та створюють небезпеку життю людей. Достатньо згадати зсув ґрунту в мікрорайоні "Тополь" у місті Дніпро в 1997 р., коли за лічені хвилини під землю провалився дев'ятиповерховий житловий будинок. Великої матеріальної шкоди завдав зсув ґрунту в центрі Чернівців у 1999 р. Аналогічних прикладів можна навести багато, і їх кількість з часом зростає. Загалом на території України зафіксовано понад 20 тис. зсувів. Ця проблема є актуальною не тільки для нашої держави, але і для світу загалом.

Об'єкт дослідження є зсувні процеси у Надвірнянському районі Івано-Франківської області.

Предмет дослідження є методи і засоби, які дають змогу визначити числові характеристики зсувів за допомогою геоінформаційних технологій.

Метою досліджень є визначення просторово-часових характеристик зсувів геоінформаційними методами на підставі цифрової моделі рельєфу.

Завданням дослідження є апробація підходу до створення просторово-часової моделі зсувного процесу з використанням геоінформаційних технологій.

Наукова новизна результатів дослідження полягає в тому, що вперше розроблено методику створення просторово-часової моделі зсувного процесу на підставі цифрової моделі рельєфу, внаслідок чого було побудовано карти крутизни схилу, ізозміщень на зсувному схилі, ізопотужностей зсувного тіла, швидкості зсуву можуть бути основою для створення інших геодинамічних карт: суміщених карт горизонтальних та вертикальних ізозміщень, карт прискорень ізозміщень та ін.

Практична значущість результатів дослідження полягає в тому, що побудовані геодинамічні карти дають змогу підвищити оперативність отримання інформації про зсувні процеси і розробити якісний прогноз їхньої динаміки.

Матеріал і методи дослідження. Для виконання поставленого завдання використали топографічну карту зсувного схилу, результати двох циклів геодинамічних спостережень на зсувному схилі та пакет програм Surfer, з допомогою якого створили цифрову модель рельєфу зсувного схилу, карти крутизни схилу, ізозміщень на зсувному схилі, ізопотужностей зсувного тіла, швидкості зсуву.

Аналіз літературних джерел. Традиційні методи здійснення геодинамічних спостережень на зсувних

Інформація про автора:

Кравець Олена Ярославівна, канд. техн. наук, доцент, кафедра геодезії та землеустрою. Email: olenakravets9@gmail.com;

<https://orcid.org/0000-0001-7861-0640>

Цитування за ДСТУ: Кравець О. Я. Використання геоінформаційних технологій для дослідження зсувних процесів. Науковий вісник НЛТУ України. 2020, т. 30, № 2. С. 113–117.

Citation APA: Kravets, O. Ya. (2020). The use of geoinformation technologies in the study of landslide processes. *Scientific Bulletin of UNFU*, 30(2), 113–117. <https://doi.org/10.36930/40300220>

схилах описали А. Г. Григоренко та Г. П. Левчук [3, 6]. Ці методи засновано на виконанні геодезичних вимірювань, які дають змогу отримати абсолютні величини зміщень відносно нерухомих геодезичних марок, закріплених за межами зсувів. Інші марки закріплюють на зсувному тілі. Визначення координат і висот рухомих марок на зсуві виконують повторно по циклах через певний час залежно від характеру зсувного процесу. За даними повторних спостережень визначають зміщення у плані і по висоті, напрям та швидкість зсуву, проектують протизсувні заходи.

Шульц Р. В. розглядає методику розроблення проекту спостережень за зсувами, а саме – попередній розрахунок точності під час виконання геодезичних спостережень за зсувними процесами [13].

У статтях Л. П. Ліщенко, Н. В. Пазинич, О. М. Теренко наведено результати моніторингу зсувних процесів на території Києва, встановлено приуроченість зсувонебезпечних ділянок до зон геодинамічної напруги, які визначено за матеріалами дистанційного зондування Землі. Розглянуто питання щодо розвитку зсувонебезпечних ділянок, уточнено їх місце розташування, відстежено ділянки активізації гравітаційних процесів у режимі моніторингу на підставі супутникових знімків. Також застосовували прийоми морфометричного аналізу рельєфу. Створено геоінформаційні систему Придніпровської зсувної зони Києва.

Виконано прогнозування зсувних процесів з використанням дистанційного зондування Землі та геоморфологічних даних [7, 8, 10, 11, 15]. Коромінас Дж. наводить методику для кількісного аналізу небезпеки зсуву. Методика зосереджена на оцінці ймовірності виникнення різних типів зсувів з певними характеристиками [2].

У статті К. Є. Бойка розроблено методику прогнозу зсувонебезпечних територій, в межах яких поширені зсуви неглибокого залягання. Висвітлено аспекти застосування сучасних геоінформаційних систем для створення картографічних моделей зсувів, що дає змогу отримати кількісну характеристику зсувонебезпечних територій, виконати районування територій за ступенем зсувної небезпеки [1].

Рудько Г. І. висвітлює можливості космічного знімання для виявлення зсувних процесів, а також можливості аналізу рельєфу з допомогою засобів ГІС для виявлення та вивчення умов і причин розвитку зсувів [12].

У дослідженнях Д. В. Парка наведено результати застосування регіональної моделі фізичної стійкості нескінченного схилу із прогнозуванням маршрутів дощових і селевих потоків [9].

Тароллі П. висвітлює метод визначення найімовірніших зсувних точок на цифровій моделі рельєфу по схилу від хребта до долини з показником ухилу, що є показником потенційної нестабільності схилу [14].

Аналіз літературних джерел показує, що використання геоінформаційних технологій для дослідження та прогнозування зсувів є дуже поширеним. При цьому більшість авторів використовують матеріали дистанційного зондування Землі, а прогнози розвитку зсувних процесів подають в імовірнісних оцінках [1, 2, 7, 9, 11, 14, 15]. Такий підхід не відповідає завданню цього дослідження.

Геодинамічні дослідження зсувів здійснено тільки у роботах А. Г. Григоренка, Г. П. Левчука та Р. В. Шуль-

ца [3, 6, 13]. Ці дослідження спрямовані на визначення числових характеристик зсувів з необхідною для прогнозування зсувних процесів точністю [8, 10, 12, 15].

Результати дослідження та їх обговорення. Основними причинами виникнення зсувів є гідрологічні, геологічні, геоморфологічні та техногенні фактори. Зсуви виникають внаслідок перезволоження схилів, збільшення навантаження на схил, яке існує під час забудови схилу, великої швидкості руху транспорту. Також причиною виникнення зсувів є порушення цілісності схилу під час будівництва інженерних споруд, зокрема доріг. Максимум зсувів відбувається в період сніготанення та сильних опадів. Велике значення має також рельєф, а саме крутизна схилу та його геоморфологічний стан, а також зміна властивостей ґрунтів, що формують схил.

Властивості ґрунтів змінюються під час вивітрювання, зволоження, під впливом ударних і вібраційних навантажень, землетрусів. Найчастіше порушення стійкості схилів відбувається внаслідок замочування глиняних ґрунтів водою, через що знижується їх опір зсуву.

Боротьба зі зсувами полягає у дренаванні схилів, будівництві водовідвідних каналів, зменшенні навантаження на схил, закріпленні схилів шляхом заліснення, зведенні схилоукріплювальних споруд, обмеженні швидкості руху транспорту на схилах та забороні їх забудови.

Кількісні характеристики динаміки зсувних процесів є вирішальними у розробленні методів захисту від зсувів. Здійснення спостережень на зсувних схилах забезпечує вирішення завдання із вивчення механізму та динаміки зсувного процесу. За результатами спостережень отримують інформацію про схил у вигляді топографічних, геоморфологічних та інших планів і карт. З часом вони поновлюються та коректуються з урахуванням змін на схилах, що відбулися. Геодинамічні спостереження дають змогу отримати геометричні параметри зміщень на зсувних схилах.

Геодезичні дослідження зсувів передбачають створення геодезичної основи на зсувонебезпечних ділянках, закріплення геодезичної основи спеціальними марками та періодичні повторні вимірювання координат і висот геодезичних знаків, визначення меж та об'ємів зсувних мас, визначення величин сповзання земляних мас у плані та по висоті, швидкість та напрям зсуву.

Щоб визначити геологічні характеристики зсувних мас, у місцях закладання геодезичних марок бурять свердловини для вимірювання глибини залягання поверхні ковзання, вологості та інших характеристик ґрунтів.

Вимірювання на зсувних пунктах здійснюють сучасними електронними геодезичними приладами, ГНСС-приймачами з точністю 1-3 мм. За результатами спостережень складають картографічні матеріали, за якими розробляють відповідні протизсувні заходи.

Застосування цифрового моделювання зсувних процесів дає змогу вдосконалити визначення просторово-часових характеристик зсувів.

Тривимірна модель рельєфу візуалізує рельєф, дає наочне об'єктивне його зображення. На ній добре видно основні форми рельєфу, напрямки хребтів, долин. Порівняно з картою інформативність зображення рельєфу значно вища. Окрім цього 3D-модель дає змогу отрима-

ти різні кількісні морфометричні характеристики рельєфу [5].

Карти крутизни та експозиції схилів наочно демонструють можливості цифрових моделей рельєфу та їх похідних як об'єктивних джерел інформації про рельєф, необхідної для вирішення геоморфологічних, гідрогеологічних завдань.

Цифрова модель рельєфу надає багатосторонню кількісну характеристику рельєфу, а саме розподіл території за величиною кутів нахилів схилів, експозиції схилів, визначення об'ємів гірських порід, значення середніх ухилів для певної території [4].

З допомогою цифрової моделі рельєфу можна отримати максимальну інформацію для комплексного розв'язання геодинамічних задач на зсувах, виділити зсувні осередки, встановити лінії найбільших рухів зсувного тіла, вибрати типи захисних заходів, уточнити зони можливого розвитку сповзання схилу, оцінити ефективність протизсувних заходів.

За даними топографічного знімання зсувонебезпечного схилу з допомогою пакету програм Surfer за результатами першого циклу спостережень створено цифрову модель рельєфу, зображення якої наведено на рис. 1. Крутизна схилу є одним з основних факторів зсувоутворення. Тому детальний аналіз крутизни по всій площі зсувного схилу має наукове та практичне значення. Карту крутизни схилу наведено на рис. 2.

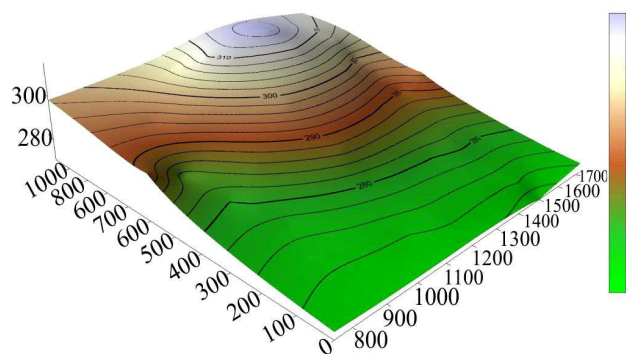


Рис. 1. 3D-модель рельєфу

За даними повторних вимірювань визначають зміщення марок у плані та по висоті. Періодичність повторних вимірювань залежить від швидкості зсуву, розміру зсувного тіла та може становити від кількох днів до тижнів або місяців.

Зміщення по висоті Δh_i визначають за такою формулою:

$$\Delta h_i = H_{i+1} - H_i, \quad (1)$$

де H_{i+1} , H_i – висоти марок у відповідних циклах спостережень.

Зміщення у плані визначають за формулами:

$$\Delta x_i = X_{i+1} - X_i, \Delta y_i = Y_{i+1} - Y_i, \quad (2)$$

$$\Delta S_i = \sqrt{\Delta x_i^2 + \Delta y_i^2}, \alpha_i = \arctg \frac{\Delta y_i}{\Delta x_i},$$

де: Δx_i , Δy_i , ΔS_i – зміщення по осях X , Y та в плані у відповідних циклах спостережень; α_i – дирекційний кут напрямку зміщення.

Також визначають загальний вектор зміщення:

$$R_i = \sqrt{\Delta h_i^2 + \Delta x_i^2 + \Delta y_i^2}. \quad (3)$$

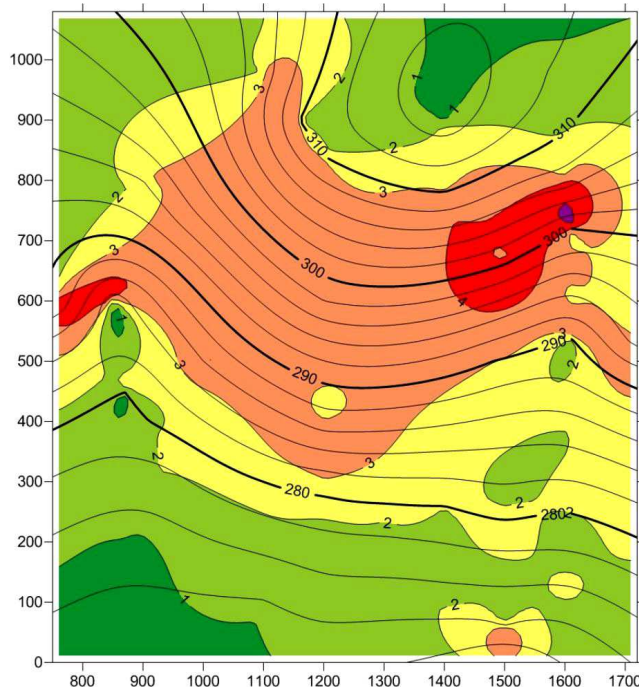


Рис. 2. Карта крутизни схилу (у градусах)

За значеннями Δh_i , ΔS_i та R_i створюють карти зсувних зміщень. Такі параметри зсувів визначають по кожному циклу спостережень. Аналізуючи зміни величини R_i , визначають швидкість зсуву v_i за певний час t_i , наприклад за місяць.

$$v_i = \frac{R_{i+1} - R_i}{t_i}. \quad (4)$$

На рис. 3 наведено карту ізозміщень ґрунту по висоті у міліметрах. На карті позначено величину та напрям зміщення кожної марки. По марках, на яких зміщення відсутні, проходить межа зсуву. На рис. 3 показано, що ґрунт з верхньої частини зсуву переміщується в нижню.

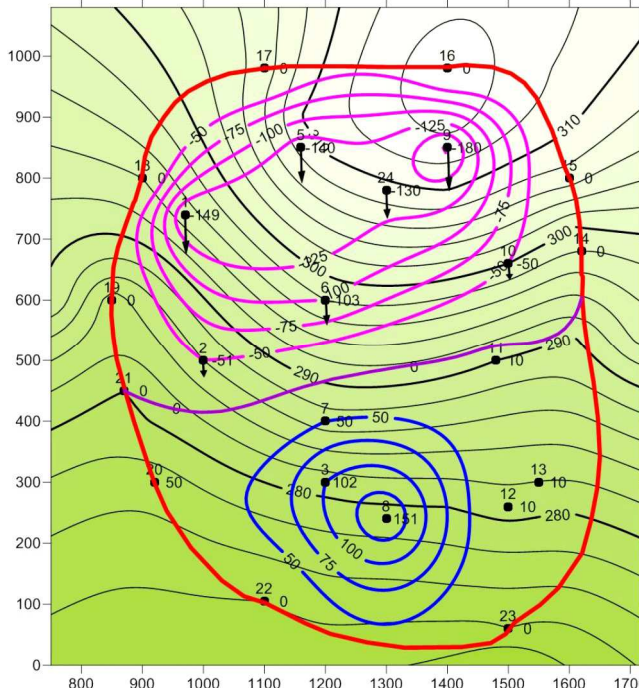


Рис. 3. Карта ізозміщень на зсувному схилі (у мм)

За даними геологічних досліджень визначають поверхню ковзання та складають карту ізопотужностей зсувного тіла у метрах, за якою можна визначити його об'єм і масу (рис. 4).

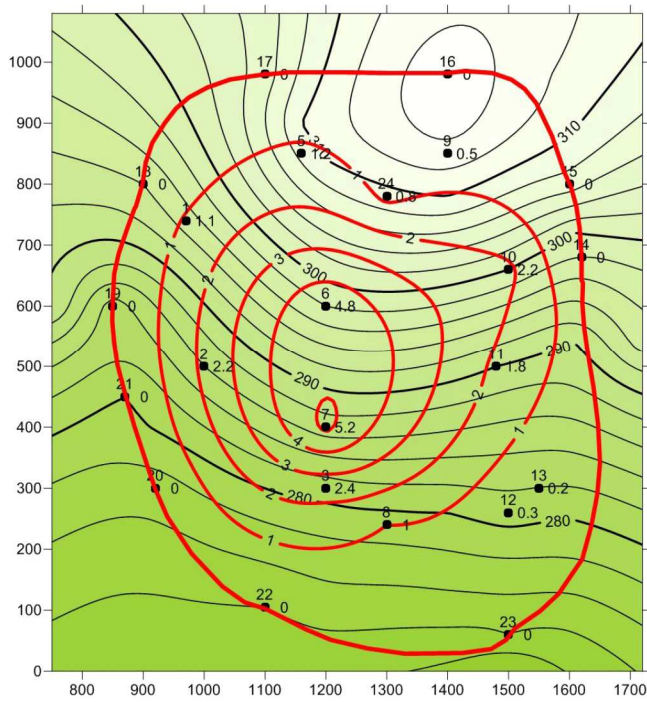


Рис. 4. Карта ізопотужностей зсувного тіла (у м)

За значеннями v_i створюють карту швидкості зсуву у мм/місяць, яку наведено на рис. 5.

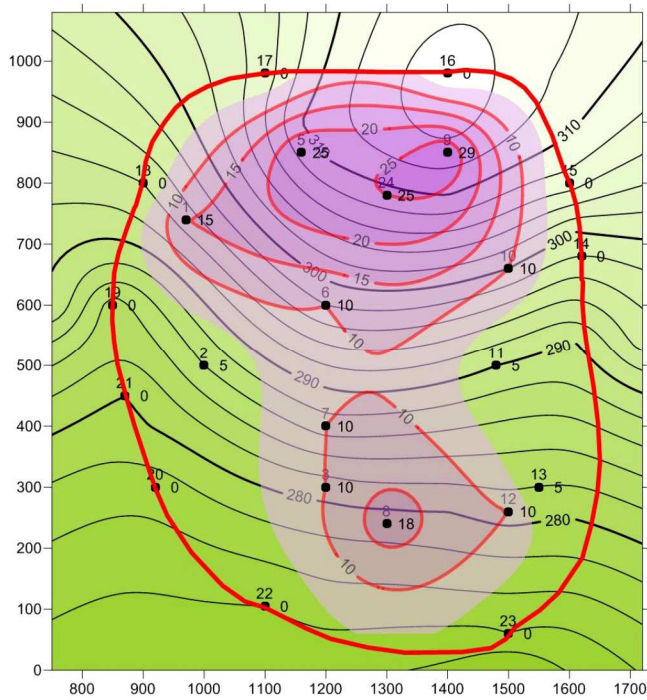


Рис. 5. Карта швидкості зсуву (у мм/місяць)

Аналогічно картам швидкості складають карти напрямів зсувів. Модель зсуву може бути доповнена гідрометеорологічними, гідрогеологічними, геофізичними даними. Оскільки перезволоження ґрунту внаслідок опадів призводить до збільшення ваги зсувного тіла, вплив цього фактору обов'язково треба враховувати.

Наведені на рис. 3-5 карти складають по кожному циклу спостережень. Порівнюючи дані з різних циклів, можна проаналізувати динаміку зсувного процесу, розробити прогноз його розвитку та запроєктувати відповідні протизсувні заходи.

Наприклад, якщо внаслідок виконаних протизсувних заходів (підпирні стінки, дренаж) швидкість зсуву не зменшилась, це вказує на їх неефективність та необ-

хідність розроблення інших заходів. І навпаки, припинення зсуву підтверджує правильність інженерних рішень. Період між циклами спостережень при цьому може збільшитись до кількох місяців.

Під час збільшення швидкості зсуву період між циклами спостережень може зменшуватись до кількох днів, що означає практично безперервність вимірювань. При цьому оброблення отриманих результатів потрібно виконувати оперативно з використанням сучасних інформаційних технологій і засобів обчислення.

Висновки. Запропоновано методику створення просторово-часової моделі зсувного процесу на підставі цифрової моделі рельєфу. Розроблені карти крутизни схилу, ізозміщень на зсувному схилі, ізопотужностей зсувного тіла, швидкості зсуву можуть бути основою для створення інших геодинамічних карт: суміщених карт горизонтальних та вертикальних ізозміщень, карт прискорень ізозміщень та ін. Разом вони формують банк даних інформації, що дає змогу здійснювати ефективний моніторинг зсувних процесів.

Застосування геоінформаційних технологій для створення геодинамічних карт дає змогу підвищити об'єктивність та оперативність отримання та аналізу даних, які характеризують зсувний процес, а також якісніше та своєчасно прогнозувати розвиток зсувів та розробляти протизсувні заходи.

References

- Boiko, K. Ye., & Koshliakov, O. Ye. (2015). Kilkisnyi rehionalnyi prohnaz zsvnoi nebezpeky zasobamy HIS na prykladi pvidennoho bereha Krymu. *Nauk. zhurn. GEOINFORMATIKA*, 3(55), 76–82. Retrieved from: http://nbuv.gov.ua/UJRN/geoinf_2015_3_10. [In Ukrainian].
- Corominas, J., van Westen, C., Frattini, P. et al. (2014). Recommendations for the quantitative analysis of landslide risk. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 73, 209–263. <https://doi.org/10.1007/s10064-013-0538-8>
- Grigorenko, A. G. (1988). *Izmerenie smeshhenii opolznei*. Moscow: Nedra, 144 p. [In Russian].
- Kravets, O. Ya., & Rudyi, R. M. (2007). Vykorystannia tsyfrovyykh modelei reliefu pry rozv'iazanni inzhenernykh zadach. *Ekolohichna bezpeka ta ratsionalne pryrodokorystuvannya. Naukovyi visnyk IFNTUNH*, 2(16), 146–150. Retrieved from: <http://elar.nung.edu.ua/bitstream/123456789/1563/4/1683p.pdf>. [In Ukrainian].
- Kravets, O. Ya., Kravets, Ya. S., & Radiushyna, A. O. (2010). Kartohrafovannia zsvnykh protsesiv z vykorystanniam TsMR. *Novi tekhnolohii v heodezii, zemlevporiadkuvanni ta pryrodokorystuvanni: materialy V Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii (m. Uzhhorod, 28-30 zhovtnia 2010 r.)*. Uzhhorod, pp. 67–70. Retrieved from: <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/bitstream/lib/16914/1/52.pdf>. [In Ukrainian].
- Levchuk, G. P. (1983). *Prikladnaia geodeziia. Geodezicheskie raboty pri izyskaniakh i stroitelstve inzhenernykh sooruzhenii*. Moscow: Nedra, 400 p. [In Russian].
- Lishchenko, L. P., Pazynych, N. V., & Teremenko, O. M. (2014). Doslidzhennia zsvnykh protsesiv na terytorii m. Kyieva v rezhymy distantsiinoho monitorynhu. *Ukrainskyi zhurnal distantsiinoho zonduvannia Zemli*, 2, 29–34. Retrieved from: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ukjdz_2014_2_6. [In Ukrainian].
- Lishchenko, L. P., & Teremenko, A. N. (2013). Monitoring opolznevykh protsessov na terytorii g. Kyieva (s ispolzovaniem materialov distantsionnogo zondirovaniia Zemli). *Problemy i opyt inzhenernoi zashchity urbanizirovannykh terytorii sokhraneniia nasledia v usloviiakh geoeologicheskogo riska*. Kyiv: Vid-vo "Feniks", 169–176. [In Russian].
- Park, D. W., Nikhil, N. V., & Lee, S. R. (2013). Landslide and debris flow susceptibility zonation using TRIGRS for the 2011

- Seoul landslide event. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 13, 2833–2849. <https://doi.org/10.5194/nhess-13-2833-2013>
10. Pazynych, N. V. (2010). Morfodynamichniy analiz reliefu v mezhakh miskyykh ahlomeratsii (na prykladi pravoberezhnoi chastyny m. Kyieva. V naukovu-praktychnu konferentsiiu "Monitorynh navkolyshnoho seredovyscha. Naukovo-metodychne, normatyvne, tekhnichne, prohramne zabezpechennia", pp. 65–68, (m. Koktebel, 20-24 veresnia, 2010 r.). AR Krym, Koktebel. [In Ukrainian].
 11. Pazynych, N. V. (2017). Doslidzhennia ta prohnozuvannia zsvnykh yavysch Prydniprovskoi zony m. Kyieva na osnovi materialiv dystantsiinoho zonduvannia Zemli ta heomorfologichnykh metodiv. *Ukrainskyi zhurnal dystantsiinoho zonduvannia Zemli*, 13, 10–16. Retrieved from: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ukjdz_2017_13_4. [In Ukrainian].
 12. Rudko, H. I., Zakharchuk, Yu. V., Petryshyn, V. Yu. (2014). Vychennia zsvnykh protsesiv zasobamy heoinformatsiinykh system i metodamy dystantsiinoho zonduvannia Zemli (na prykladi Ternopilskoi oblasti). *Mineralni resursy Ukrainy*, 2, 27–33. Retrieved from: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Mru_2014_2_7. [In Ukrainian].
 13. Shults, R. V., Annenkov, A. O., & Khailak, A. M. (2013). Osoblyvosti realizatsii proektu sposterezhen za zsvnymy protsesamy na prykladi budivnytstva zhytlovoho kompleksu u m. Kyievi. *Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia*, 49, 632–646. [In Ukrainian].
 14. Tarolli, P., & Tarboton, D. G. (2006). A new method for determination of most likely landslide initiation points and the evaluation of digital terrain model scale in terrain stability mapping. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 10, 663–677. <https://doi.org/10.5194/hess-10-663-2006>
 15. Teremenko, O. M. (2004). Doslidzhennia zon heodynamichnoi napruhy dlia prohnozuvannia i kartohrafuvannia heoloho-ekologichnykh protsesiv za materialamy kosmichnykh ziomok. *Problemy rozrobky i vprovadzhennia suchasnykh informatsiinykh tekhnolohii: zb. nauk. prats. Kyiv-Kharkiv-Kry*, pp. 154–157. [In Ukrainian].

O. Ya. Kravets

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, Ukraine

THE USE OF GEOINFORMATION TECHNOLOGIES IN THE STUDY OF LANDSLIDE PROCESSES

The issues of quantitative study of landslides are basic when developing methods of landslide protection. Observing the sliding slopes provides the study of the mechanism and dynamics of the sliding process. Geodetic surveys of landslides include the creation of a geodetic base on landslides, securing geodetic bases with special marks and periodic re-measurements of coordinates and heights of geodetic signs, determining boundaries and volumes of landslides, determining magnitudes of sliding of soil masses in plan and height, speed and direction of landslide. Geodynamic observations make it possible to get geometric parameters of displacements on sliding slopes. The purpose of this study is to improve the determination of the spatial and temporal characteristics of landslides by geoinformation methods based on a digital terrain model. It is possible to get the maximum information for complex solution of geodynamic problems on landslides, to select places of landslides and lines of the largest movements of the landslide, to choose types of protective measures, to specify areas of possible development of slope slippage, to evaluate the effectiveness of anti-landslide measures using a digital terrain model. According to the topographic survey data based on the results of the first observation cycle, a digital terrain model of the landslide slope was created using the Surfer software package, as well as a slope map of this territory. The displacements of marks in plan and height are determined, according to the repeated measurements. A map of the soil displacement on the height, map of the thickness of shear body and shear rate map were created based on a digital terrain model and calculations performed. Similarly to shear rate maps, maps of directions of displacements can be created. Such maps are made for each observation cycle. Comparing data from different cycles, you can analyze the dynamics of the shear process, develop a forecast of its development and design the appropriate anti-landslide measures. The displacement model can be supplemented by hydrometeorological, hydrogeological, geophysical data. A method for creating a space-time model of a shear process based on a digital terrain model is proposed. Created map of the slope, map of the soil displacement on the height, map of the thickness of shear body and shear rate map are the basis for creating another geodynamic maps, such as combined horizontal and vertical displacement maps, displacement acceleration maps. As a result they form a data bank that enables effective monitoring of landslides. Consequently, the use of geoinformation technologies to create geodynamic maps makes it possible to improve the accuracy and timeliness of obtaining and analyzing data that characterize the landslide process, as well as to better predict the development of landslides and to develop effective anti-landslide measures.

Keywords: displacement; digital terrain model; geodynamic maps; forecast; monitoring.